



TITLE:

睡眠影響評価のための夜間騒音指標の開発－神経生理学的数理モデルに基づくアプローチ－
(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

田鎖, 順太

CITATION:

田鎖, 順太. 睡眠影響評価のための夜間騒音指標の開発－神経生理学的数理モデルに基づくアプローチ. 京都大学, 2016, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2016-07-25

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13041>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により全文は2021-06-02に公開

京都大学	博士（工学）	氏名	田鎖 順太
論文題目	睡眠影響評価のための夜間騒音指標の開発 —神経生理学的数理モデルに基づくアプローチ—		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、夜間騒音の睡眠影響に関する神経生理学的評価およびこれに基づく新たな騒音評価指標の開発についてまとめたものであって、6章からなる。</p> <p>第1章は緒論である。睡眠の重要性、騒音による睡眠妨害および健康影響に関する被害の実態を示しつつ、本研究の目的である神経生理学的夜間騒音評価指標の開発の必要性が示された。</p> <p>第2章は先行知見に基づく文献的考察である。騒音による睡眠妨害に関する先行研究では、既存の物理的騒音指標と睡眠妨害現象の量反応関係に関心が向けられたが、睡眠および睡眠妨害の生理学は必ずしも考慮されていない。夜間騒音による健康影響に関する先行研究では、睡眠妨害を主因とした心循環器系疾患（高血圧、心筋梗塞、虚血性心疾患、脳卒中、等）のリスク上昇が多くの知見で裏付けられている。しかしながら、量反応関係に関しては未だ限定的な知見しか得られていない。一方、睡眠および覚醒の神経生理学に関する先行研究においては、これらを制御する神経細胞群とその相互関係が判明している。神経生理学的知見を基礎とした数理モデルによって睡眠・覚醒およびこれら状態間の遷移が示されるに至っており、様々な持続時間の騒音によって生じる脳幹の覚醒を評価するに有用である。以上より、睡眠妨害およびこれに伴う健康影響を評価するための生理学的知見に基づく騒音評価指標の必要性が示されることとなった。</p> <p>第3章は睡眠と覚醒に関する神経生理学的数理モデルに基づく夜間騒音と中途覚醒の評価である。睡眠・覚醒の神経生理学に基づく Phillips-Robinson 数理モデルを用い、脳幹における中途覚醒閾値を様々な持続時間の矩形外部刺激に関して求めた。次いで脳幹における外部刺激に対する反応を一次遅れ系積分として近似し、時定数と覚醒閾値の関係を得た。また、矩形音響刺激と中途覚醒に関する先行研究結果を用いて神経電位と騒音レベルとの関係を求め、既存の騒音指標に基づく平均覚醒レベルを得た。最後に、数理モデルのパラメータに関する分布を仮定し、外部刺激と中途覚醒確率の関係を求めた。その結果、神経電位に基づく覚醒閾値は、外部刺激持続時間に対して反比例の関係にあり、持続時間が長い場合は一定となった。外部刺激に関して時定数 10-100 秒の一次遅れ系積分を適用し、おおよそ一定の覚醒閾値を得た。既存物理指標に基づく平均覚醒レベルを求めたが騒音持続時間に対して大きく変動し、評価指標としての整合性が得られなかった。中途覚醒確率を外部刺激の一次遅れ系積分値で整理する事により、刺激持続時間に対する整合性が改善された。以上より、睡眠時の脳幹は短時間刺激に対して鈍感であり、脳幹の外部刺激に対する反応は時定数 10-100 秒の一次遅れ系積分による近似が可能と示唆される。また、積分されるのは音響パワーではなく騒音レベルに基づく何らかの覚醒ポテンシャルである。</p> <p>第4章は第3章で得られた神経生理学的知見に基づく夜間騒音評価指標の開発であ</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	田鎖 順太
<p>る．中途覚醒確率が外部刺激の一次遅れ系積分値の関数である事を基礎にし，中途覚醒確率を単位覚醒ポテンシャルの積分値として示すと共に既存の覚醒研究の量反応関係に近似した．騒音指標として単位覚醒ポテンシャルの年間積分値である“年間覚醒回数”を定義し，既存物理指標と比較した．その結果，既存覚醒研究結果と高度に一致した中途覚醒確率および単位覚醒ポテンシャルが得られた．年間覚醒回数は既存指標とは異なり，騒音事象回数に係わらず覚醒回数について高度な整合性が確認された．加えて，航空機騒音および道路交通騒音に対して新指標を適用し，既存指標との比較を行なった．既存手法では騒音による睡眠妨害リスクが示されるのは単発的な騒音事象が定義可能な場合に限定されており，任意の騒音変動に関して定義される年間覚醒回数は，睡眠妨害リスクを評価する上できわめて有用であると考えられる．</p> <p>第 5 章は，騒音による健康影響に関する疫学調査を通じた評価である．沖縄県嘉手納飛行場および普天間飛行場周辺において，年間覚醒回数を含む複数の騒音指標と高血圧との量反応関係を調査した．統計解析には多重ロジスティック分析を用い，騒音指標は相関性について確認した上でカテゴリ変数として導入し，説明変数として年齢，性別，BMI，および性別と年齢の交互作用を導入した．また，騒音指標の各カテゴリを等間隔と仮定し，トレンド検定を行った．統計解析は各飛行場で個別に行った．嘉手納飛行場周辺において昼間等価騒音レベルおよび夜間等価騒音レベルを同時に投入して統計解析を行った結果，夜間等価騒音レベルにのみ高度に有意な量反応関係が確認された．夜間等価騒音レベルによる量反応関係を飛行場別に求めた結果，嘉手納飛行場周辺において高度に有意な量反応関係が得られたが，普天間飛行場周辺においては有意な結果は得られなかった．これに対し，年間覚醒回数を用いた場合，嘉手納飛行場周辺の有意に高度なリスクが確認され，普天間飛行場周辺は騒音曝露そのものが軽度である事が示された．以上より，騒音による健康影響の主因は昼間騒音ではなく夜間騒音による睡眠妨害である事が強く示唆された．また，飛行態様の異なる 2 つの飛行場で一致性の高い量反応関係が得られた年間覚醒回数は夜間騒音評価において妥当性が高いと考えられる．なお，個人差を考慮すれば覚醒回数は高感受性群でより高頻度となる．リスク評価の観点で，個人差を考慮することにより，指標のさらなる改善が可能である．</p> <p>第 6 章は結論である．各章で得られた成果および課題を要約している．</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、夜間騒音による睡眠妨害および健康影響を評価するための生理学的騒音評価指標の開発についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 神経生理学に基づく Phillips-Robinson 数理モデルを用いて様々な持続時間の外部刺激に関して覚醒閾値の挙動を推計した。これに基づき、睡眠・覚醒を制御する脳幹の外部刺激に対する積分は 10-100 秒の時定数を持つことを示した。また、脳幹において音響パワーではなく何らかの覚醒ポテンシャルが積分されていることを示した。
2. 脳幹の積分に関する神経生理学的知見に基づき、脳幹で積分される単位覚醒ポテンシャルを数式上導入し、夜間騒音評価指標として年間覚醒回数を定義した。単位覚醒ポテンシャルの積分に基づく中途覚醒確率は既存の研究結果と高度に一致した。既存の手法は単発的な騒音のみ覚醒回数を評価できるが、定義された年間覚醒回数は任意の騒音変動に適用可能である。
3. 飛行態様の異なる 2 つの飛行場周辺における騒音曝露と高血圧に関する疫学調査結果に基づき多変量解析により要因を分析した。昼間等価騒音レベルおよび夜間等価騒音レベルを同時に投入して統計解析を行い、後者のみ高度に有意な量反応関係が得られることを示した。既存の疫学研究では、高血圧と夜間騒音との直接的な関連は必ずしも明確ではなかったが、昼間と夜間の騒音との関連に大きな差があることを統計解析により示した。
4. 上記疫学調査において、夜間等価騒音レベルでは、2 つの飛行場間の量反応関係の整合性が得られないことを示し、神経生理学的知見に基づいて定義された年間覚醒回数を指標として用いることにより、量反応関係の整合性が改善されることを示した。

以上、本論文は、夜間騒音が人の健康に与える睡眠影響を考慮した上でこれを評価するために適切な生理学的指標を与えるものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 28 年 6 月 20 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。なお、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。